

Antecedentes

Medel Garduño Diego

El dato más actualizado proporcionado por el observatorio global del cáncer (GLOBOCAN) informa que en el año 2022 hubo una incidencia de 26 565 casos de cáncer de próstata a lo largo de todo México, posicionando a este padecimiento en el segundo lugar de cánceres a lo largo del territorio nacional, afectando a más del 12 % de la población. En México, de manera específica en la entidad de la ciudad de México, el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) se encarga de proporcionar tratamiento a padecimientos relacionados con cáncer, por el momento no existe información de libre acceso que permita conocer cuantos pacientes de cáncer de próstata se han atendido en los últimos años, sin embargo, la información proporcionada por la unidad de datos abiertos informa que el INCAN en el primer semestre de 2023 atendió a 5 545 pacientes.

En la actualidad el INCAN trata el cáncer utilizando radioterapia, un proceso en el que se incide radiación electromagnética ionizante (fotones) sobre tejido humano, lo que permite la disminución del tejido tumoral en algunos casos, dependiendo de la etapa de evolución del cáncer, en otros casos se aplica radioterapia con fines paliativos, para darle una mejor calidad de vida a aquellos pacientes en etapas muy avanzadas. La radioterapia contempla un flujo de trabajo que está dividido en varios procesos, los cuales necesitan de distintas entidades del conocimiento, en primer lugar un médico especialista radioncólogo se encarga del diagnóstico del padecimiento, una vez determinado que un paciente tiene cáncer, se designa al área de técnicos radiólogos para que obtengan imágenes tridimensionales del paciente. Una vez obtenidas estas imágenes tridimensionales, el médico radioncólogo se encarga de definir los bordes en los que de manera clínica existe tejido tumoral lo que se conoce como GTV (volumen bruto del tumor), las imágenes que utiliza el médico son tomografías axiales computarizadas, aunque la literatura indica que lo más actualizado es conjuntar las tomografías con resonancia magnética para aumentar la precisión a la hora de designar los bordes del tejido tumoral.

Una vez que el médico ha definido los bordes en los que de manera clínica existe cáncer, describe otro contorno. Este nuevo volumen no solo considera en donde se encuentra de manera visible el tejido tumoral, también contempla aquellas zonas en donde pudo haber existido diseminación del tejido tumoral, este nuevo volumen se denomina CTV (volumen objetivo clínico). Una vez definido este volumen, el médico debe establecer otro margen, en donde considere las variaciones debidas a aspectos fisiológicos, como el movimiento del esternón al respirar, este último volumen se denomina PTV (volumen objetivo de planeación). En este punto el especialista ha designado el volumen que se va a tratar, sin embargo dentro de sus obligaciones debe asignarle un contorno a todos aquellos órganos sanos que son propensos a ser irradiados y dañados, denominados órganos de riesgo (OAR), de igual forma que para los volúmenes anteriores, el médico debe considerar un margen por oscilaciones debidas a procesos fisiológicos y a detalles debidos al sesgo asociado al instrumento de tratamiento, por lo que al final el OAR pasa a denominarse PRV (volumen del órgano de riesgo de planeación).

Una vez terminado este proceso de contorno, el plan de tratamiento se aprueba por el médico y se designa al área de físicos médicos, que mediante el uso de un software especializado designan la forma en la que el acelerador lineal va a irradiar al paciente, de tal manera que la dosis suministrada al tejido no sobrepase un umbral clínico y que sea capaz de cubrir por encima del 95 por ciento al PTV. Al momento de la planeación del tratamiento, el físico médico debe considerar proteger bajo ciertos estándares los órganos designados como de riesgo (OAR), cada órgano en específico se comporta de manera diferente al ser irradiados, existen tejidos que son más radiosensibles que otros, es decir, algunos tejidos sufren de un daño mayor que otros al ser sometidos a la misma dosis.

En 2013 Tufve Nyholm, et al. pusieron a prueba si existía algún tipo de variación intra médicos y entre médicos, al momento de designar los márgenes del PTV y PRV, sus resultados arrojaron que la variación entre médicos era alrededor de 1.7 milímetros e intra médicos era de 3 milímetros, su metodología consideró incluso el tiempo entre cada contorno considerando que no fuera una repetición de su contorno anterior, los médicos tenían que esperar una semana entera entre cada contorno, la interpretación en sus resultados implica que la mayor variabilidad al momento de designar las estructuras de interés proviene de la repetición del contorno por una sola persona.

Los resultados anteriores representan una problemática a la hora de diseñar un plan de tratamiento, ya que un punto importante al momento de evaluar un plan es considerar la cobertura, la literatura ha descrito que para que haya un

avance en la disminución del volumen tumoral, se debe conformar al menos el 95 por ciento del PTV, sin embargo, con las problemáticas presentadas, deja de ser imperante mantener la cobertura del 95 por ciento, si ni siquiera se está considerando el volumen adecuado. En otras palabras, la cobertura en un plan de tratamiento está influenciada de primera mano con que el médico haya designado de manera correcta los márgenes del PTV y del PRV, si estos bordes no están bien delimitados, todo lo demás se ve afectado y la calidad del plan de tratamiento disminuye considerablemente, poniendo en riesgo la recuperación o la calidad de vida de un paciente.

Esta problemática se ha visto a lo largo de todo el mundo, ya que afecta la calidad y eficiencia de los tratamientos. En los últimos años se ha propuesto resolver este problema a partir de la implementación de redes neuronales de aprendizaje profundo para que la segmentación ahora se pueda realizar de forma automática. Jordan Wong, et al. contrastaron el tiempo que le llevaba a un médico realizar una segmentación y el tiempo que le tomaba a la segmentación automática basada en un algoritmo de aprendizaje profundo para cáncer de próstata, encontrando así que en promedio el tiempo que se tardaba el algoritmo en segmentar de manera completa considerando tanto el PTV como el PRV fue de 0.4 minutos, frente a 21.3 minutos que tardaron los médicos, otro de sus resultados indicó que el algoritmo que utilizaron se centraba más en la protección de los órganos de riesgo, ya que la misma segmentación realizadas por los médicos se consideró como el estándar de oro, y considerando ciertas métricas estadísticas pudieron concluir que no había diferencia significativa entre el volumen del PRV entre los dos métodos de segmentación. Sin embargo, al comparar el volumen del PTV se observó que este era más pequeño comparado con el descrito por los médicos, y se asociaba a una deficiencia en la precisión respecto al PTV. El mismo estudio menciona que lo encontrado puede estar relacionado con limitaciones metodológicas que tuvieron, como por ejemplo considerar una muestra muy pequeña de datos.

Por otro lado Stuart Greeham, et al. quisieron poner a prueba en 2014 un software de segmentación automática y verificar si existía alguna correlación con los volúmenes de los planes contorneados de manera manual que ya habían sido aplicados. Dentro de su estudio consideraron las estructuras de vejiga, recto, cabeza femoral izquierda y próstata, sus resultados arrojaron que cada uno de los volúmenes segmentados de las estructuras mencionadas mantenían una correlación estadísticamente significativa con los volúmenes que se consideraron como estándar. Aunque el resultado fue una correlación significativa, en el caso de la próstata el valor de correlación lo colocó como una correlación pobre. El que hubiese una correlación estadísticamente significativa con los volúmenes de tratamiento, indica que los volúmenes segmentados de manera automática por un software que utilizaba aprendizaje profundo, pueden ser útiles de manera clínica.

Por otro lado Dominique Huyskens, et al. realizaron en 2009 una caracterización cualitativa bajo la supervisión de radiólogos de las segmentaciones obtenidas al considerar un algoritmo de aprendizaje profundo. Dentro de su metodología consideraron las estructuras de próstata, vejiga y recto, de igual forma, categorizaron las segmentaciones como excelentes, buenas, aceptables o no aceptables. Sus resultados arrojaron que el mayor porcentaje obtenido para las segmentaciones de próstata colocaba el trabajo del algoritmo como bueno, para la vejiga como excelente y por último para el recto como no aceptable. Su discusión abarcó incluso los testimonios de los propios médicos, los cuales consideran a la segmentación como una tarea complicada muchas veces por el nulo o poco contraste que hay en las tomografías, lo que no les permite delimitar bien los límites superiores e inferiores de los órganos.

La próstata de paciente a paciente puede variar en gran cantidad, esto debido al comportamiento errático de la progresión tumoral, lo que implica la dificultad del algoritmo de segmentar este órgano. Por otro lado el recto presenta varias consideraciones, por un lado la definición anatómica de recto contempla como límite superior la unión recto sigmoide y como límite inferior la unión con el canal anal, aspectos que son difíciles de determinar considerando una tomografía, incluso para los médicos.

Al día de hoy el Instituto Nacional de Cancerología no ha implementado herramientas como la segmentación automática basada en un algoritmo de aprendizaje profundo, de igual manera como se ha encontrado en la literatura, los modelos generados tienen limitaciones debidas al entrenamiento de los algoritmos, ya que se han considerado bases de datos, tipificadas por los propios autores como pequeñas. La implementación de la segmentación automática basada en algoritmos de aprendizaje profundo son la respuesta a la problemática de la variabilidad y el tiempo necesario para realizar una segmentación manual, además su posible implementación en México traerá consigo una revolución en los tiempos de espera de los pacientes.